

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-003675

(43)Date of publication of application : 09.01.1996

(51)Int.Cl.

C22C 21/02

C22C 1/02

C22F 1/043

(21)Application number : 06-109045

(71)Applicant : NIPPON LIGHT METAL CO LTD  
NIKKEI TECHNO RES CO LTD

(22)Date of filing : 25.04.1994

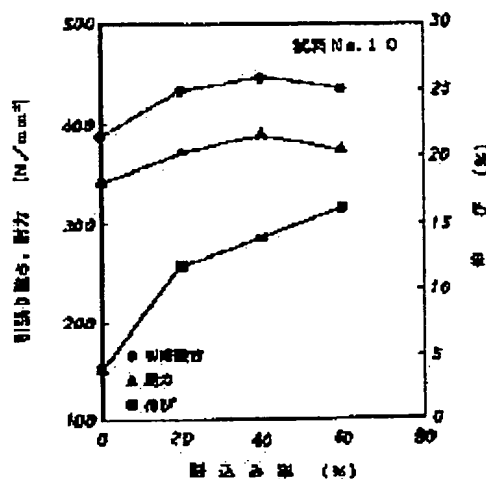
(72)Inventor : HORI HISASHI  
WATANABE SHUICHIRO  
OONO SHYOUJI

## (54) ALUMINUM ALLOY FOR FORGING

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an aluminum alloy for forging, excellent in mechanical properties, such as tensile strength, proof stress, and elongation.

CONSTITUTION: This aluminum alloy for forging is subjected to component designing so that it contains 0.6-3.0% Si, 0.2-2.0% Mg, 0.3-1.0% Cu, 0.01-0.1% Ti, 0.0001-0.01% B, 0.1-0.5% Mn, 0.1-0.5% Cr, and 0.05-0.5% Fe and the amount of Mg<sub>2</sub>Si expressed in terms of alloy design value becomes  $\geq 1.5$  or the amount of Si, excluding the Mg<sub>2</sub>Si equivalent expressed in terms of alloy design value, becomes  $\geq 0.5$ %. This aluminum alloy is cast at  $\leq 200^\circ$  C/sec cooling rate and then forged at 10-50% upsetting ratio.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-3675

(43) 公開日 平成8年(1996)1月9日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

C22C 21/02

1/02

503 J

C22F 1/043

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全6頁)

(21) 出願番号 特願平6-109045

(22) 出願日 平成6年(1994)4月25日

(71) 出願人 000004743

日本軽金属株式会社  
東京都港区三田3丁目13番12号

(71) 出願人 000152402

株式会社日軽技研  
東京都港区三田3丁目13番12号

(72) 発明者 堀 久司

東京都港区三田3丁目13番12号 日本軽金属株式会社内

(72) 発明者 渡辺 修一郎

静岡県庵原郡蒲原町蒲原161番地 株式会社日軽技研内

(74) 代理人 弁理士 小倉 亘

最終頁に続く

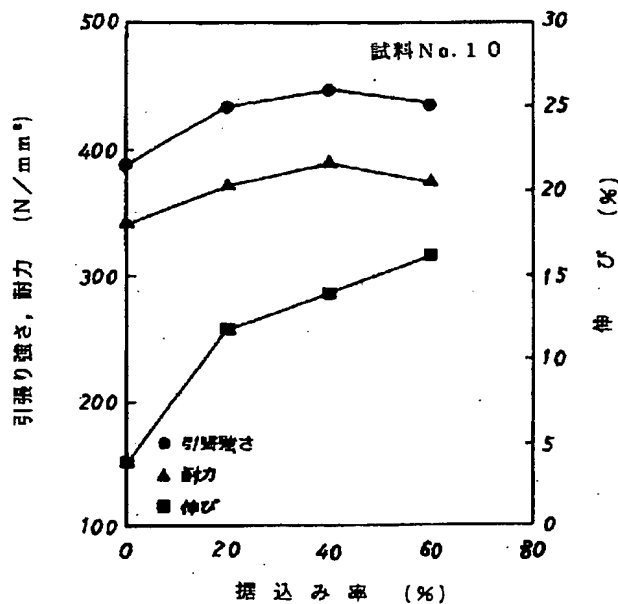
(54) 【発明の名称】 鍛造用アルミニウム合金

(57) 【要約】

【目的】 引張り強さ、耐力、伸び等の機械的特性に優れた鍛造用アルミニウム合金を得る。

【構成】 この鍛造用アルミニウム合金は、Si: 0.6~3.0%, Mg: 0.2~2.0%, Cu: 0.3~1.0%, Ti: 0.01~0.1%, B: 0.0001~0.01%, Mn: 0.1~0.5%, Cr: 0.1~0.5%及びFe: 0.05~0.5%を含み、且つ合金設計値から換算したMg<sub>2</sub>Si量が1.5%以上となるように成分設計されている。または、合金設計値から換算したMg<sub>2</sub>Si当量以外のSi量が0.5%以上となるように成分設計する。このアルミニウム合金は、冷却速度200℃/秒以下で鑄造された後、10~50%の据込み率で鍛造加工される。

加工度と引張り特性の関係



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si: 0.6~3.0重量%, Mg: 0.2~2.0重量%, Cu: 0.3~1.0重量%, Ti: 0.01~0.1重量%, B: 0.0001~0.01重量%, Mn: 0.1~0.5重量%, Cr: 0.1~0.5重量%及びFe: 0.05~0.5重量%を含み、且つ合金設計値から換算したMg<sub>2</sub>Si量が1.5重量%以上となるように成分設計されている鍛造用アルミニウム合金。

【請求項2】 Si: 0.6~3.0重量%, Mg: 0.2~2.0重量%, Cu: 0.3~1.0重量%, Ti: 0.01~0.1重量%, B: 0.0001~0.01重量%, Mn: 0.1~0.5重量%, Cr: 0.1~0.5重量%及びFe: 0.05~0.5重量%を含み、且つ合金設計値から換算したMg<sub>2</sub>Si当量以外のSi量が0.5重量%以上となるように成分設計されている鍛造用アルミニウム合金。

【請求項3】 冷却速度を200℃/秒以下に設定し請求項1又は2記載の組成をもつアルミニウム合金溶湯を鍛造することを特徴とする鍛造用アルミニウム合金の鍛造方法。

【請求項4】 請求項1又は2記載の組成をもつアルミニウム合金を鍛造し、10~50%の据込み率で鍛造加工を施した素形材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車部品、家電製品等に使用され、良好な強度及び大きな伸び率を呈する鍛造用アルミニウム合金に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 アルミニウム合金の代表的な鍛造用素材として、6061合金が使用されている。しかし、6061合金は、押出工程を経て鍛造用素材にされることから、コスト高になる。また、押出し材を鍛造することから、製品形状がおのずと単純な形状に限定される。そのため、形状が複雑な製品を得る場合、鍛造用素材を鍛造で得る必要が生じる。現在、鍛造によって所定の形状が付与された素材、すなわち予形材で鍛造が可能な材料としては、AC4C、AC4CH等がJISで掲げられている。しかし、AC4C、AC4CH等のアルミニウム合金は、6061合金に比較し伸び率等の引張り特性が劣り、形状特性に優れた鍛造製品を得ることができない。

【0003】 AC4C、AC4CH等のアルミニウム合金を鍛造することにより得られた鍛造用素材の伸び率を大きくするため、Si含有量を3重量%程度まで少なく、更にNa、Sr、Sb等を添加し、共晶Siを微細化することが、特開昭54-13407号公報で紹介されている。共晶Siの微細化によって、伸び率がある程度改善される。しかし、依然として6061合金の伸び

率には及ばず、鍛造性に問題が残っている。また、得られた鍛造製品の耐力が十分でないことから、所定の構造強度をだすために厚肉化することを余儀なくされていた。その結果、軽量化部品としてのアルミニウム材料の長所を活用できない現状である。本発明者等は、このような問題を解消したアルミニウム合金として、P含有量を規制し共晶Siを十分に微細化することにより、鍛造性を始めとして機械強度等に優れた鍛造用合金の特開平5-9637号公報で紹介した。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、鍛造後の最終製品になるべく近い形状をもつ鍛造品を鍛造する際、Si量が少ない6061、6063等の展伸用材料では、鍛造時の熱間割れ、鋳巣等の欠陥が発生し易い。一方、Si量が多いAC4C、AC4CH等の鍛造用合金では、鍛造時に問題が生じないが、鍛造後の強度や靱性が劣る傾向を示す。本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、鍛造後のMg<sub>2</sub>Si量又はMg<sub>2</sub>Si量以外の過剰Si量を調整することにより、鍛造時に熱間割れが発生せず、且つ鍛造後に強度及び靱性が向上する鍛造用アルミニウム合金を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の鍛造用アルミニウム合金は、その目的を達成するため、Si: 0.6~3.0重量%, Mg: 0.2~2.0重量%, Cu: 0.3~1.0重量%, Ti: 0.01~0.1重量%, B: 0.0001~0.01重量%, Mn: 0.1~0.5重量%, Cr: 0.1~0.5重量%及びFe: 0.05~0.5重量%を含み、且つ合金設計値から換算したMg<sub>2</sub>Si量が1.5重量%以上となるように成分設計されていることを特徴とする。或いは、合金設計値から換算したMg<sub>2</sub>Si当量以外のSi量が0.5重量%以上となるように、成分設計する。前掲した組成をもつアルミニウム合金溶湯は、200℃/秒以下の冷却速度で所定形状に鍛造される。得られた鍛造品は、10~50%の据込み率で鍛造加工され、素形材となる。

【0006】 鍛造後にT<sub>6</sub>処理を施すアルミニウム合金を自動車用部品として使用するとき、引張り強さ300N/mm<sup>2</sup>以上、耐力250N/mm<sup>2</sup>以上及び伸び10%以上の機械的性質が要求される。本発明の鍛造用アルミニウム合金は、この要求に十分応える特性を呈する。なお、本発明のアルミニウム合金は、押出し後に鍛造することによっても製造されるが、コスト低減のために押出し工程を省略し、鍛造後に直接鍛造することによって所定の機械的性質を付与することができる。そのため、製造コスト自体も低減される。

## 【0007】

【作用】 本発明の鍛造用アルミニウム合金においては、

鋳造後のMg<sub>2</sub>Si量又はMg<sub>2</sub>Si量以外の過剰Si量を調整することにより、鋳造時の熱間割れが防止される。鋳造時に発生したマイクロポロシティは、据込み率10～50%の鍛造によって押し潰される。その結果、鍛造加工性に優れ機械的性質が向上したアルミニウム合金が得られる。

【0008】以下、合金成分及びその含有量等について説明する。

Si: 0.6～3.0重量%

本発明の鍛造用アルミニウム合金は、鋳造で得られた予形材を鍛造することにより、所定形状をもつ製品とされる。この予形材を得るために、溶湯の流動性、引け性等が良く、鋳造割れ等の欠陥が発生しないことが要求される。この鋳造性を確保する上から、Siを含有させることが必要である。Si含有量が0.6重量%未満では、Mg<sub>2</sub>Si化合物以外の過剰Siが0.5重量%未満となるため、鋳造時に割れが発生し易くなる。しかし、多量のSi含有は、アルミニウム合金の伸びや機械的強度を低下させる。0.6～3.0重量%の範囲のSi含有量で、必要とする伸びや機械的強度が得られると共に、鋳造性も良好になる。Si含有量が3.0重量%を超えると、マイクロ組織でも検出されるように粒界に比較的多量の共晶Siが晶出し、伸び、機械的強度等を劣化させる。逆に、Si含有量が0.6重量%未満のときには、鋳造性が悪化し、鋳造時に割れが発生し易くなる。

【0009】Mg: 0.2～2.0重量%

Siと共存して熱処理によりMg<sub>2</sub>Siとして析出し、引張強さ、耐力等の機械的強度を向上させる。しかし、Mg含有量が2.0重量%を越えると、Mgによる強度改善効果が飽和する。また、0.2重量%未満のMg含有量では、強度の向上に有効なMg<sub>2</sub>Siとして働くMg分が不足する。

Cu: 0.3～1.0重量%

時効処理後にAl-Cu系、Al-Cu-Mg系等の析出物となって、アルミニウム合金の強度を上昇させる。このような効果を得るためには、0.3重量%以上のCu含有量が必要である。また、Mgとの併用添加によって、十分な伸びが確保される。しかし、1.0重量%を超える多量のCuが含まれると、耐食錆性が劣化する。

【0010】Ti: 0.01～0.1重量%及びB: 0.0001～0.01重量%

アルミニウム合金の鋳造組織は、Ti及びBの併用添加によって微細化される。鋳造組織の微細化に伴い、粒界に析出する不純物やシュリンクエッジ等が細かく分散され、機械的特性が向上する。このような効果を得るためには、0.01重量%以上のTi及び0.0001重量%以上のBを含有させることが必要である。しかし、Ti含有量及びB含有量がそれぞれ0.1重量%及び0.01重量%を超えると、析出する介在物が多くなり、却って靱性、強度、伸び等が劣化する。

【0011】Mn及びCr: 0.1～0.5重量%

加工時にアルミニウム合金が再結晶することを防止するために、添加される元素である。再結晶防止を図るためには、0.1重量%以上のMn及び0.1重量%以上のCrを複合して含有させることが必要である。0.1重量%以上のMn及びCrを含有させるとき、熱間加工中及びその後のT<sub>1</sub>処理(520℃×4時間加熱→水冷→160℃×6時間加熱→放冷)における再結晶が防止される。しかし、これら元素を多量に添加すると、粗大な金属間化合物が生成し、材料特性を低下させる。また、Mn又はCrを単独添加した場合は、鍛造繊維組織の方向に幅1～2mm及び長さ5mm程度の再結晶粒が発達する。この再結晶粒は、Mn及びCrを併用添加することにより、幅及び長さ共に1mm以下に抑えられる。更に、Mn及びCrの過剰添加は、マトリックスの硬度が上昇し、却って加工性が低下する。そこで、Mn含有量及びCr含有量の上限は、共に0.5重量%に規定した。

【0012】Fe: 0.05～0.5重量%

鋳造時にβ-AlFeSi系の晶出物を粒界に発生させ、すでに発生している初晶のAl結晶粒を結合させる作用を呈する。その結果、鋳造割れが防止される。このような効果は、0.05重量%以上のFe含有量で顕著になる。しかし、0.5重量%を超える多量のFeが含まれると、巨大な晶出物が生成し、機械的性質に悪影響を与える。

Mg<sub>2</sub>Si量: 1.5重量%以上

Mg<sub>2</sub>Si量は、合金設計の段階で含まれるMg量(分析値)に(1+1/1.73)を乗じる設計値で算出される。この設計値が1.5重量%以上になると鋳造時に割れの発生が抑えられるので、設計値1.5重量%以上を満足するようにSi含有量及びMg含有量が決定される。Mg<sub>2</sub>Si量が割れ抑制に与える関係は、表1に示すように本発明者等による多数の実験結果から求められたものである。

【0013】表1では、リングテスト試料における表面の割れのトータル長さが1.5cm以下を合格とした。リングテスト法では、所定組成の溶湯を710℃の保持し、柄杓で約100gを金型温度150℃の金型に注ぎ、凝固後のリング表面全体に表れる割れの長さを測定した。金型としては、外径58mm及び内径38mmのリング状金型を使用し、断面の形状は高さ20mm及び横10mmの四角形でコーナー部が丸くなっている。このときの溶湯冷却速度は、約15℃/秒であった。また、表面割れの総長で1.5cm以下を合格とした。表1の試料No.1～4にみられるように、Mg<sub>2</sub>Si量が設計値1.5重量%以上で割れの発生がなくなっている。Mg<sub>2</sub>Si量の調整による割れが抑制されることは、Al-Mg<sub>2</sub>Si系においてMg<sub>2</sub>Siが共晶として存在していると、Al-Mg<sub>2</sub>Siの共晶溶湯が結晶

粒界に補給されることに起因するものと推察される。

【表1】

【0014】

表1: Si量, Mg量, Mg: Si量及び過剰Si量と鑄造割れとの関係

試験 番号	分析値 (%)		設計計算値 (%)		リングテスト cm (実測値)	割れ発生 の判定
	Si	Mg	Mg: Si	過剰Si		
1	0.84	1.30	2.05	0.09	0.7	B
2	1.02	1.62	2.58	0.08	0.6	B
3	0.71	1.11	1.78	0.07	0	A
4	0.68	1.05	1.65	0.07	1.3	B
5	0.88	0.61	0.86	0.53	0	A
6	1.14	0.59	0.92	0.80	0	A
7	0.32	0.49	0.71	0.04	36.1	C
8	0.52	0.77	1.22	0.08	21.6	C
9	0.64	0.46	0.73	0.37	34.1	C

割れ発生の判定A: 割れなし

B: ヘアライン状の微細割れ

C: 数カ所より割れ発生

Mg: Si 計算値 = Mg % (分析値) × (1 + 1/1.73)

過剰Si 計算値 = Si % (分析値) - Mg % (分析値) / 1.73

【0015】過剰Si量: 0.5重量%以上

過剰Si量が設計計算値で0.5重量%以上になると、表1のNo. 5, 6にみられるように割れが防止される。過剰Siによる割れ抑制作用は、Al-Mg: Si-Si系において、SiがAl-Si系の共晶となり、結晶粒界にAl-Si系共晶溶湯が補給されることに由来するものと推察される。すなわち、Mgが全てMg: Siになっていると推定し、残りの過剰Siが共晶Siになるものと考えられる。そこで、設計計算値で0.5重量%以上の過剰Si量となるように、Si含有量及びMg含有量を決定する。

鑄造時の溶湯冷却速度: 200℃/秒以下

鑄造割れが生じないためには、共晶Mg: Si又はSiの存在が重要である。共晶Mg: Si又はSiは溶湯の冷却速度に依存し、冷却速度が遅いほど発生量が多くなることから、必要量の共晶Mg: Si又はSiを確保するため溶湯の冷却速度を200℃/秒以下にする。

【0016】鍛造時の据込み率: 10~50%

鑄造品に生じているポロシティが据込み率10%以上の

鍛造によって押し潰され、アルミニウム合金の機械的特性を改善する。据込み率がポロシティに与える影響を図1に示す。しかし、50%を超える据込み率は、ポロシティ圧潰作用を飽和させ、且つ図2に示すように引張り強さ及び耐力の値が低下する傾向を示し、却って鍛造加工に要する費用を上昇させる。

【0017】

【実施例】表2に示した合金成分の素材をJISD4号の舟形鑄型を使用して鑄造した。金型を200℃に予熱しておいた。このとき、溶湯の冷却速度は約10℃/秒であった。得られた素材を450℃に加熱し、型温度200℃で据込み率40%の熱間鍛造を施し、T<sub>1</sub>処理(520℃×4時間加熱→水焼入れ→160℃×6時間加熱→空冷)した後、機械的性質を調査した。Mg: Si量及び過剰Si量の計算値及び鑄造割れの結果を表3に、鑄造材をT<sub>1</sub>処理した後の機械的性質を表4に示す。

【0018】

【表2】

表2: 供試材の組成

(分析結果)

試料 番号	合金成分及び含有量 (重量%)								備 考
	Si	Mg	Cu	Mn	Cr	Fe	Ti	B	
10	1.3	1.1	0.8	0.4	0.4	0.2	0.04	0.007	実施例
11	2.0	1.0	0.5	0.4	0.4	0.2	0.03	0.005	〃
12	3.0	0.5	0.5	—	0.2	0.2	0.03	0.005	比較例
13	4.0	0.2	—	—	—	0.2	0.03	0.005	〃
14	6.8	0.3	—	—	—	0.2	0.03	0.005	〃
15	10.3	0.5	3.0	0.5	—	0.2	0.01	0.002	〃

【0019】

【表3】

表3: 供試材の鑄造割れ

試料 番号	設計計算値 (重量%)		鑄造割れ の有無
	Mg, Si	過剰Si	
10	1.74	0.67	なし
11	1.68	1.42	なし
12	0.79	2.71	なし
13	0.32	3.88	なし
14	0.47	6.63	なし
15	0.79	10.00	なし

【0020】

【表4】

表4: 鍛造材のT<sub>0</sub> 処理後の機械的性質

試料 番号	引張り強さ (N/mm <sup>2</sup> )	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)
10	450	382	14.0
11	393	315	16.5
12	363	240	23.5
13	265	200	18.7
14	282	210	13.9
15	453	374	5.4

【0021】表3にみられるように、Mg、Si量及び過剰Si量が鑄造割れの抑制に効果的であり、それぞれ1.5重量%以上及び0.5重量%以上になっているので、Si及びMg以外の元素の添加にも拘らず割れの発生が見られなかった。鑄造材をT<sub>0</sub> 処理した後の機械的性質は、表4に示すように、試料No. 10、11では何れも据込み率40%のときの目標値である引張り強さ300N/mm<sup>2</sup>、耐力250N/mm<sup>2</sup>以上及び伸び10%以上を満足している。試料No. 10について、据込み率とポロシティとの関係を調査した。ポロシティ量は、試験片の比重を測定し、据込み率60%のときの比重に対する差で表した。図1から明らかなように、据込み率10%でポロシティがほぼつぶれていることが判る。また、試料No. 10について据込み率と機械的性質との関係をしめした図2から、引張り強さ及び耐力は、据込み率40~50%で飽和していることが判る。

30 【0022】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の鍛造用アルミニウム合金は、Mg、Si量及び過剰Si量を調整することにより、鑄造時に発生し易い熱間割れを防止し、鍛造後優れた強度及び靱性を呈する。また、鑄造材に含まれているポロシティは、鍛造によって押し潰され、良好な機械的特性を持った製品が得られる。

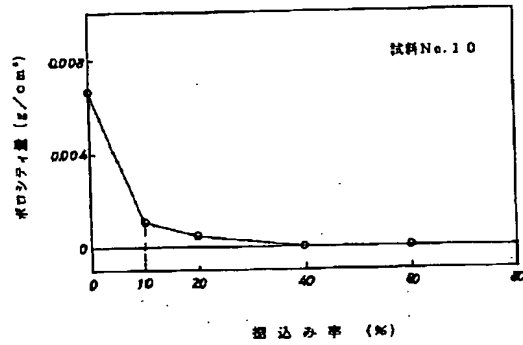
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明鍛造用アルミニウム合金の据込み率とポロシティとの関係を示したグラフ

40 【図2】 同じく据込み率がアルミニウム合金の機械的特性に与える影響を示したグラフ

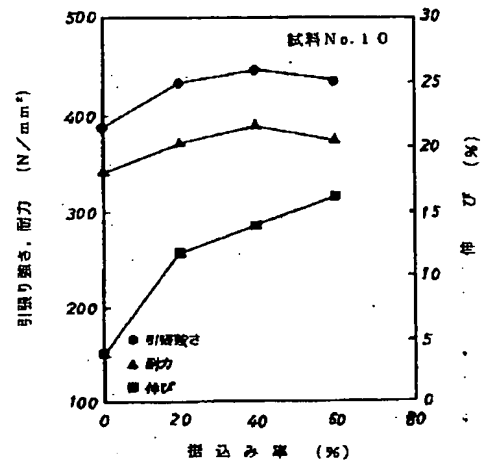
【図1】

加工度とポロシティ量の関係



【図2】

加工度と引張り特性の関係



フロントページの続き

(72)発明者 大野 昭自

静岡県庵原郡蒲原町蒲原161番地 株式会  
社日軽技研内